هيـكل - الفيـزيـاء - 2025-2026

Ayham Alkhwalda

Academic Year العام الدراسي	2025-2026
Term/الفصل	T1
Subject الموضوع	Physics (Bridge)
Grade الصف	12
Stream. المسار	Advanced المتقدم
Number Of MCQ عدد الأسئلة الموضوعية	20
Markes of MCQ درجة الأسئلة الموضوعية	2-4
Number of FRQ عدد الأسئلة المقالية	4
Marks Per FRQ الدرجات للأسئلة المقالية	10
Type of All Questions نوع كافة الأسئلة	MCQ/الأسئلة الموضوعية FRQ/الأسئلة المقالية
Maximum Overall Grade الدرجة القصوى الممكنة	100
Exam Duration مدة الامتحان	150 min
Mode of Implementation طريقة التطبيق	Paper-Based & Swift Assess.
Calculator الآلة الحاسبة	Allowed مسموحة

هذا اللون يعبر عن الوحده الأولى

Type النوع	Question* السؤال*	Learning Outcome/Performance Criteria** ناتج التعلم/ معايير الأداء	المرجع في كتاب الطالب (النسخة الانجليزية) Reference(s) in the Student Book (English Version) — Example/Exercise مثال/تمرين	Page. صفحة
MCQ - الأسئلة الموضوعية	1	يحدد الشحنة الأولية	كتاب الطالب الاختبار الذاتي اختيار من متعدد(4)	6 -5 6 21
	2	يحل المسائل المتعلقة بكيفية الحفاظ على الشحنة	كتاب الطالب مراجعة المفاهيم تمارين (30)	4-3 4 22
	3	يميز بين الموصلات، وغير الموصلات (العوازل)، وأشباه الموصلات، والموصلات الفائقة	كتاب الطالب	7-6
	4	- يحدد ما المقصود بـ "التأريض" - يصف كيفية شحن الأشياء بشكل مباشر عن طريق التلامس أو بشكل غير مباشر عن طريق الحث	كتاب الطالب اختيار من متعدد (1،7،8،9،10،11،12)	10-7
	5	- يصف عملية شحن المكشاف الكهربائي عن طريق التلامس والحث. - يصف كيفية إثبات نوعين مختلفين من الشحنات باستخدام المكشاف الكهربائي	كتاب الطالب	10-7
	6	يحل المسائل المتعلقة بكيفية تحديد كمية الشحنة	كتاب الطالب تمارين(37-a)	4-5 23
	7	يرسم مخطط الجسم الحر لجسيم مشحون، موضحًا القوة الكهروستاتيكية (قوة كولومب) المؤثرة عليه، مع تثبيت ذيل متجه القوة على هذا الجسيم	مراجعة المفاهيم	12،19
	8	يعرف المجال الكهربائي E ويبين أنه كمية منجهة لها مقدار واتجاه	كتاب الطالب	30-27
	9	يرسم مخطط المجال الكهربائي لشحنة نقطية واحدة، وشحنتين نقطيتين لهما نفس الإشارة أو متعاكستين، وتعرف على أنه بالنسبة لـمجموعة من الشحنات النقطية الساكنة	كتاب الطالب	30-28
	10	يجد كثافة الشحنة لتوزيع شحنة منتظم (على خط مستقيم ، سطح، حجم) يحسب الشحنة الكلية على سلك، سطح، حجم	كتاب الطالب تمارين (71،79،80)	34 57،58
	11	- يعرف التدفق الكهربائي . - يبين أن متجه المساحة لسطح مستو هو متجه عمودي على السطح وله مقدار يساوي مساحة السطح	كتاب الطالب	42،44
	12	يحسب التدفق الكلي عبر سطح مغلق، بما في ذلك الإشارة الجبرية، عن طريق تكامل حاصل الضرب النقطي لمتجه المجال الكهربائي ومتجه المساحة التفاضلية على السطح بالكامل	كتاب الطالب تمارين (49،51)	42 56
	13	يطبق قانون جاوس لربط التدفق الكلي عبر سطح مغلق (حقيقي أو وهمي) بالشحنة الكلية المحاطة بالسطح - يبين كيف يتوافق نوع الشحنة الكلية المحتواة داخل السطح مع الاتجاه (داخليًا أو خارجيًا) للتدفق الكلي عبر سطح جاوسي	كتاب الطالب تمارين(48)	44 56
	14	- يحدد أنه إذا تم وضع شحنة زائدة على موصل كروي، فإنها تنتشر بشكل منتظم على مساحة السطح الخارجية. - يحدد أن المجال الكهروستاتيكي داخل أي موصل معزول يساوي دائمًا صفرًا.	كتاب الطالب مراجعة المفاهيم(1،2) اختيار من متعدد(4)	51 53
	15	يطبق العلاقة بين كثافة الشحنة الخطية λ على سلك موصل ومقدارالمجال الكهربائي E عند على بعد r من محور السلك.	مراجعة المفاهيم	47
	16	يصف توزيع الشحنة والمجال الكهربائي على موصل ذو نهاية حادة	كتاب الطالب	52-51
	17	يبين أن مقدار الشغل التي تبذله القوة الكهربائية على جسيم مشحون متحرك بين نقطتين معينتين في مجال كهربائي لا يعتمد على المسار	كتاب الطالب	61
	18	يعرف الجهد الكهربائي بأنه طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة، وهو أيضًا الشغل المبذول لوضع وحدة شحنة عند نقطة ما.	كتاب الطالب	62
	19	يبين أن وحدة (V/m) تكافئ (N/C)، كوحدة للمجال الكهربائي	كتاب الطالب	63-62
	20	- يبين أن أسطح/خطوط تساوي الجهد تكون دائمًا عمودية على خطوط المجال الكهربائي عند أي نقطة في الفضاء. - يصف خصائص مجموعة من خطوط تساوي الجهد المعطاة في مخطط المجال الكهربائي.	كتاب الطالب	69-67
FRQ–| 40 % |- الأسئلة المقالية	21	- يطبق مبدأ التراكب لإيجاد القوة الكهروستاتيكية المحصلة المؤثرة على جسيم مشحون. - يحل المسائل المتعلقة بالقوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الجسيمات المشحونة باستخدام قانون كولوم.	مثال 1.2 مثال 1.3 مسألة محلولة 1.1 تمارين(82،48)	12 13 14 23،25
	22	- يطبق العلاقة بين المجال الكهربائي $\vec{E}$ والقوة الكهربائية $\vec{F}$ والشحنة q في المسائل العددية. - يطبق مبدأ التراكب لإيجاد المجال الكهربائي الكلي $\vec{E}$ عند نقطة ما بسبب عدة شحنات نقطية (ارسم كل متجه مجال كهربائي ثم - يجد المجال الكهربائي الكلي عن طريق الجمع الاتجاهي للمجالات الكهربائية الفردية. - يحل المسائل المتعلقة بالمجال الكهربائي الناتج عن عدة شحنات نقطية.	مثال 2.1 تمارين (28، 29)	31-30 55
	23	- يطبق العلاقة بين كثافة الشحنة ومقدار المجال الكهربائي E ويحدد اتجاه المجال للنقاط القريبة من سطح رقيق، لانهائي أو كبيرغيرموصل/موصل ، له كثافة شحنة منتظمة σ . - يطبق العلاقة بين كثافة الشحنة السطحية σ ومقدار المجال الكهربائي E لإيجاد المجال الكهربائي عند نقاط بالقرب من سطحين كبيرين مسطحين بكثافة شحنة منتظمة σ	كتاب الطالب تمارين (65،59،70،81)	47،48 58-56
	24	- يطبق العلاقة بين الجهد الكهربائي V، وشحنة الجسيم q، وطاقة الوضع U لجسيم مشحون موضوع عند نقطة في المجال الكهربائي لجسم آخر (V=U /q). - يطبق العلاقات بين التغير Δ V في الجهد الكهربائي، وشحنة الجسيم q ، والتغير Δ U في وطاقة الوضع ، والشغل W الذي تنجزه القوة الكهربائية لجسيم مشحون يتحرك من نقطة بداية إلى نقطة نهائية في مجال كهربائي (Δ V= Δ U/q)، و (Δ V= - W /q). - يحل المسائل التي تتضمن جسيمًا مشحونًا موضوعًا في منطقة ذات فرق جهد كهربائي Δ V، ويطبق قانون حفظ الطاقة لربط الطاقات المختلفة (أو فروق الطاقة) الموجودة في النظام مثل التغير في الطاقة الحركية، والتغير في الطاقة الكامنة الكهربائية، والشغل الذي تقوم به القوة.	كتاب الطالب مثال 3.1 تمارين (27،28)	61-60 63 83
*	قد تظهر الأسئلة بترتيب مختلف في الامتحان الفعلي، أو على ورقة/ الامتحان Questions might appear in a different order in the actual exam, or on the exam paper.			
**	كما وردت في كتاب الطالب وLMS والخطة الفصلية As it appears in the textbook, LMS, and (Main_IP).			

6 -5 6 21	كتاب الطالب الاختبار الذاتي اختيار من متعدد(4)		يحدد الشحنة الأولية	1

الشحنة الأولية (الأساسية)

تكون الشحنة الكهربائية مضاعفات صحيحة فقط لأقل كمية شحنة. ونعبّر عن ذلك بقولنا إن الشحنة **مكمّاة**. إنّ أصغر وحدة شحنة كهربائية يمكن ملاحظتها هي شحنة الإلكترون، وتساوي -1.602×10^{-19} C (كما تحدّدها المعادلة 1.3).

تساوي مضاعفات صحيحة لعدد ثابت (e) 1.602×10^{-19}



الشحنة الأساسية { الاوليه }

1.602×10^{-19}

شحنة إلكترون واحد

شحنة بروتون واحد

سؤال الاختبار الذاتي 1.1

اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C.

a) بروتون
b) نيوترون
c) ذرة هيليوم (بروتونان ونيوترونان وإلكترونان)
d) ذرة هيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد)
e) كوارك علوي
f) كوارك سفلي
g) إلكترون
h) جسيم ألفا (بروتونان ونيوترونان)

1.4 أي من الأنظمة التالية له أكبر شحنة سالبة؟

a) إلكترونان
b) ثلاثة إلكترونات وبروتون واحد
c) خمسة إلكترونات وخمسة بروتونات
d) N إلكترونات و$N-3$ بروتونات
e) إلكترون واحد

أي من الآتية يمكن أن يكون شحنة جسم؟ N عدد صحيح

N 5e

N −2.5e

N −3e

q 2.5C

q -3.2×10^{-20}C

q 2.0×10^{-19}C

4-3 4 22	كتاب الطالب مراجعة المفاهيم تمارين (30)	يحل المسائل المتعلقة بكيفية الحفاظ على الشحنة	2

مراجعة المفاهيم 1.1

كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة مقدارها 1.00 C؟

a) 1.60×10^{19}

b) 6.60×10^{19}

c) 3.20×10^{16}

d) 6.24×10^{18}

e) 6.66×10^{17}

القسم 1.2

1.30 كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة كلية مقدارها 1.00 C؟

1.3 العوازل والموصلات وأشباه الموصلات والموصلات الفائقة التوصيل
Insulators, Conductors, Semiconductors, and Superconductors

تُسمى المواد جيدة التوصيل للكهرباء **موصلات**. وتُسمى المواد عديمة التوصيل للكهرباء **عوازل**. (بالطبع توجد موصلات جيدة ورديئة وعوازل جيدة ورديئة، وفقًا لخصائص كل نوع من المواد).

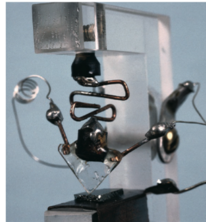
يشير التركيب الإلكتروني للمادة إلى طريقة ارتباط الإلكترونات بالنواة. وسنناقش ذلك في وحدات لاحقة. لكن ما يعنينا الآن هو الميل النسبي لذرات المادة إلى كسب الإلكترونات أو فقدها. بالنسبة إلى العوازل، لا تكون الإلكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين إلكترونات المادة وذراتها الذي يمنع هروب الإلكترونات من الذرات لتتحرك بحرية خلال المادة. حتى عند إضافة شحنة خارجية إلى المادة العازلة، لا تتحرك هذه الشحنة الخارجية بشكل ملحوظ. ومن الأمثلة النموذجية للمواد العازلة الزجاج والبلاستيك والقماش.

على النقيض من ذلك، تتميز المواد الموصلة بتركيب إلكتروني يسمح لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها. بينما لا تتحرك الشحنات الموجبة لذرات المادة الموصلة لأنها ترتكز في النوى الثقيلة. وتُعد المعادن من الأمثلة النموذجية للموصلات الصلبة. فالنحاس، على سبيل المثال، موصل جيد يُستخدم في صناعة الأسلاك الكهربائية.

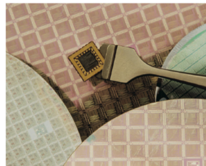
يمكن أن تعمل الموائع والأنسجة العضوية كموصلات أيضًا. ولا يكون الماء المقطر النقي موصلًا جيدًا. لكن إذابة مادة معينة، مثل ملح الطعام الشائع ($NaCl$)، في المياه يحسّن من قدرة المياه على توصيل الكهرباء بدرجة كبيرة لأن أيونات الصوديوم موجبة الشحنة (Na^+) وأيونات الكلور سالبة الشحنة (Cl^-) تكون قادرة على الحركة في المياه وتوصيل الكهرباء. وعلى عكس المواد الصلبة، تكون ناقلات الشحنات الموجبة والسالبة في الموائع قادرة على الحركة. أما النسيج العضوي فليس موصلًا جيدًا، لكنه يوصل الكهرباء بما يكفي لجعل التيارات الكبيرة خطرة علينا.

أشباه الموصلات

توجد فئة من المواد، تُسمى **أشباه الموصلات**، يمكن أن تتغير من عازلة إلى موصلة ثم إلى عازلة مرة أخرى. على الرغم من أشباه الموصلات لم تُكتشف إلا منذ أكثر من خمسين عامًا بفترة قصيرة، فإنها تُعد أساس كل صناعات الكمبيوتر والإلكترونيات الاستهلاكية. وأول استخدام واسع النطاق لأشباه الموصلات كان في أجهزة الترانزستور (الشكل 1.7a)؛ وتقوم شرائح أجهزة الكمبيوتر الحديثة (الشكل 1.7b) بوظائف الملايين من أجهزة الترانزستور. في الواقع، لولا اكتشاف أشباه الموصلات، لاستحالت صناعة أجهزة الكمبيوتر وكل منتجات الإلكترونيات الاستهلاكية وأجهزتها الحديثة (مثل التلفاز والكاميرات ومشغلات ألعاب الفيديو والهواتف الخلوية وغيرها). وقد صرح غوردن مور، المؤسس المشارك لشركة إنتل، أنه بفضل التكنولوجيا المتقدمة، يتضاعف متوسط قوة وحدة المعالجة المركزية لأجهزة الكمبيوتر كل 18 شهرًا. وهو متوسط تجريبي على مدار الخمسة عقود الماضية. تُعرف ظاهرة التضاعف هذه باسم *قانون مور*. وقد كان علماء الفيزياء، وسيظلون بلا شك القوة المحركة والدافعة لهذه المسيرة من الاكتشافات والاختراعات والتحسينات العلمية.



(a)



(b)

الشكل 1.7 (a) نسخة طبق الأصل من جهاز الترانزستور الأول الذي اخترعه جون باردين ووالتر براتين وويليام شوكلي عام 1947. (b) شرائح أجهزة الكمبيوتر الحديثة المصنوعة من رقاقات السيليكون تحتوي على عشرات الملايين من أجهزة الترانزستور.

يوجد نوعان من أشباه الموصلات؛ نقية وغير نقية. ومن أمثلة *أشباه الموصلات النقية* البلورات النقية كيميائيًا لزرنيخ الجاليوم، أو الجرمانيوم، أو السيليكون على وجه الخصوص. ويصنع المهندسون *أشباه الموصلات غير النقية* عن طريق التطعيم، وهو إضافة كميات دقيقة (عادة ما تكون بنسبة 1 لكل 10 مليون) من المواد الأخرى التي يمكن أن تعمل كمانحات إلكترونات أو مستقبلات إلكترونات. تُسمى أشباه الموصلات المطعّمة بمانحات الإلكترونات *النوع n* (حيث يشير *n* إلى الشحنة "negative"، أي السالبة). وإذا كانت مادة التطعيم تعمل كمستقبل للإلكترونات، فإن الفجوة التي يتركها الإلكترون بعد ارتباطه بالمستقبل يمكن أن تنتقل أيضًا عبر شبه الموصل لتعمل كناقل فعال للشحنة الموجبة. لذا تُسمى أشباه الموصلات هذه *النوع p* (حيث يشير *p* إلى الشحنة "positive"، أي الموجبة). لذا على عكس الموصلات الصلبة العادية التي لا تتحرك فيها إلا الشحنات السالبة، تتحرك في أشباه الموصلات كل من الشحنات السالبة والشحنات الموجبة (التي هي فجوات تتركها الإلكترونات المفقودة).

الموصلات الفائقة التوصيل

الموصلات الفائقة التوصيل هي مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء صفر. على عكس الموصلات العادية التي يحدث فيها فقدٌ قليل من الطاقة على الرغم من كونها جيدة التوصيل. ولا تكون المواد فائقة التوصيل فعليًا إلا عند درجات حرارة منخفضة جدًا. ومن نماذج الموصلات فائقة التوصيل سبيكة النيوبيوم والتيتانيوم التي يجب المحافظة عليها عند درجة حرارة قريبة من درجة حرارة الهليوم السائل (4.2 K) لتحتفظ بخصائص التوصيل الفائقة. خلال العشرين سنة الماضية، تم تطوير مواد جديدة تُسمى *high-T_c superconductors*، أو الموصلات الفائقة التوصيل عالية الحرارة (حيث يشير الرمز T_c إلى "درجة الحرارة الحرجة"، وهي أعلى درجة حرارة تسمح بالموصلية الفائقة). تكون هذه المواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة النيتروجين السائل (77.3 K). لكن حتى الآن، لم تُكتشف مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة (300 K)، ولو اكتُشفت لكانت مفيدة للغاية. وتُجرى حاليًا أبحاث تستهدف تطوير مثل هذه المواد ووضع تفسير نظري للظواهر الفيزيائية التي تؤدي إلى الموصلية الفائقة عند درجة الحرارة العالية.

10-7	كتاب الطالب اختيار من متعدد (1،7،8،9،10،11،12)	- يحدد ما المقصود بـ "التأريض" - يصف كيفية شحن الأشياء بشكل مباشر عن طريق التلامس أو بشكل غير مباشر عن طريق الحث	4

الطاقة. كما يمكن التخلص من الشحنات عن طريق التوصيل بالأرض. فالأرض مستودع شحنة لا يفنى تقريبًا، وتتميز بقدرة فاعلة على معادلة الأجسام المشحونة كهربائيًا التي تكون متلامسة معها. يُسمى تفريغ الشحنة هذا **التأريض**، وتُسمى الوصلة الكهربائية بالأرض وصلة **أرضية**.

وبالمثل، إذا لامس قضيب عازل موجب الشحنة كرة الكشاف الكهربائي غير المشحون، فسينقل الكشاف الكهربائي الإلكترونات إلى القضيب موجب الشحنة ويصبح موجب الشحنة. مرة أخرى، يكون للقضيب موجب الشحنة والقضيب سالب الشحنة التأثير نفسه في الكشاف الكهربائي، ولا يمكننا أن نحدّد ما إذا كانت شحنة أي من القضيبَين موجبة أم سالبة. تُسمى هذه العملية **الشحن بالتوصيل**.

يمكن توضيح نوعَي الشحنة بملامسة قضيب سالب الشحنة أولًا مع الكشاف الكهربائي، وحينها سيتحرك الموصل المتحرك، كما يوضح الشكل 1.10. وإذا تمت ملامسة قضيب موجب الشحنة مع الكشاف الكهربائي بعد ذلك، فسيعود الموصل المتحرك إلى وضع التعادل. أي أن الشحنة ستصبح متعادلة (إذا افترضنا أن القضيبَين في الأساس كانا متماثلين في القيمة المطلقة للشحنة). نستنتج من ذلك أنه يوجد نوعان من الشحنة. لكن لأن الشحنات دليل على وجود إلكترونات متحركة، فإن الشحنة السالبة تشير إلى زيادة الإلكترونات، وتشير الشحنة الموجبة إلى نقص الإلكترونات.

يمكن شحن الكشاف الكهربائي دون ملامسته مع القضيب المشحون، كما هو موضح في الشكل 1.11. فالكشاف الكهربائي غير مشحون في الشكل 1.11a. ثم قُرِّب قضيب سالب الشحنة إلى كرة الكشاف الكهربائي لكن من دون ملامستها، كما في الشكل 1.11b. وفي الشكل 1.11c، تم توصيل الكشاف الكهربائي بوصلة أرضية. ثم أُزيلت الوصلة الأرضية مع بقاء القضيب المشحون قريبًا من كرة الكشاف الكهربائي من دون ملامستها، كما في الشكل 1.11d. وفي الخطوة التالية، تم إبعاد القضيب عن الكشاف الكهربائي كما في الشكل 1.11e، وظل الكشاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة (لكن انحراف الموصل المتحرك أقل منه في الشكل 1.11b). ستنطبق هذه العملية أيضًا عند استخدام قضيب موجب الشحنة. تُسمى هذه العملية **الشحن بالحث**، وهي تؤدي إلى شحن الكشاف الكهربائي بشحنة مختلفة عن شحنة القضيب.

1.1 أي مما يلي يحدث عندما يُعطى لوح فلزي شحنة موجبة؟

a) تنتقل البروتونات (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.

b) تنتقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر.

c) تنتقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر، وتنتقل البروتونات أيضًا (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.

1.7 عند وضع بروتونين أحدهما بجوار الآخر من دون أن تكون هناك أي أجسام أخرى قريبة منهما:

a) يبتعدان عن بعضهما بعجلة.

b) يظلان ساكنين.

c) يقتربان إلى بعضهما بعجلة.

d) ينجذبان إلى بعضهما بسرعة ثابتة.

e) يبتعدان عن بعضهما بسرعة ثابتة.

1.8 عُلِّقت كرتان فلزيتان خفيفتا الوزن إحداهما بجوار الأخرى في خيطين عازلين. إذا كانت إحداهما تحمل شحنة صافية؛ بينما لا تحمل الأخرى شحنة صافية، فإن الكرتين

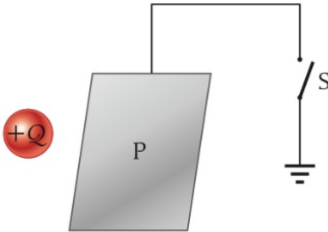
a) ستنجذبان إلى بعضهما.

b) لن تبذلا محصلة قوة كهروستاتيكية إحداهما على الأخرى.

c) ستتنافران.

d) يعتمد أي مما سبق على إشارة الشحنة الصافية الموجودة في إحدى الكرتَين.

1.9 وُصِّل لوح فلزي بالأرض عن طريق موصل يعمل بمفتاح وكان مغلقًا في البداية. وقُرِّبت شحنة $+Q$ إلى اللوح من دون ملامسته، ثم فتح المفتاح. ثم تم إبعاد الشحنة $+Q$. ما شحنة اللوح عندئذٍ؟



a) اللوح غير مشحون.

b) شحنة اللوح موجبة.

c) شحنة اللوح سالبة.

d) يمكن أن تكون شحنة اللوح موجبة أو سالبة، حيث يعتمد ذلك على شحنته قبل تقريب الشحنة $+Q$ إليه.

1.10 إذا قرَّبت قضيبًا بلاستيكيًا ذا شحنة سالبة إلى موصل مؤرَّض من دون ملامسته، ثم قمتَ بفصل التأريض. فما إشارة شحنة الموصل بعد إبعاد القضيب المشحون؟

a) سالبة

b) موجبة

c) بدون شحنة

d) لا يمكن تحديدها من المعلومات المعطاة

1.11 عند دلك قضيب بلاستيكي بفراء أرنب، فإن القضيب يصبح

a) سالب الشحنة.

b) موجب الشحنة.

c) متعادلًا.

d) إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة، حيث يعتمد ذلك على ما إذا كانت حركة الفراء أثناء الدلك في اتجاه واحد دائمًا أم إلى الأمام وإلى الخلف.

1.12 عند دلك قضيب زجاجي بوشاح من البوليسترين، فإن القضيب يصبح

a) سالب الشحنة.

b) موجب الشحنة.

c) متعادلًا.

d) إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة، حيث يعتمد ذلك على ما إذا كانت حركة الوشاح أثناء الدلك في اتجاه واحد دائمًا أم إلى الأمام وإلى الخلف.

5	- يصف عملية شحن المكشاف الكهربائي عن طريق التلامس والحث. - يصف كيفية إثبات نوعين مختلفين من الشحنات باستخدام المكشاف الكهربائي	كتاب الطالب	10-7



الشكل 1.8 كشاف كهربائي نموذجي يُستخدم في العروض التوضيحية في المحاضرات.

الطاقة. كما يمكن التخلص من الشحنات عن طريق التوصيل بالأرض. فالأرض مستودع شحنة لا يفنى تقريبًا، وتتميز بقدرة فاعلة على معادلة الأجسام المشحونة كهربائيًا التي تكون متلامسة معها. يُسمى تفريغ الشحنة هذا **التأريض**، وتُسمى الوصلة الكهربائية بالأرض وصلة **أرضية**.

الكشاف الكهربائي جهاز يُظهر استجابة ملحوظة عند شحنه. يمكنك صناعة كشاف كهربائي بسيط باستخدام شريطين من رقائق معدنية رفيعة جدًا بحيث يكونان متصلين عند طرف واحد ومتدليَين من إطار عازل على أن يكونا متقاربَين. لن تكون رقائق الألومنيوم التي تُستخدم في المطابخ مناسبة لأنها عريضة جدًا، لكن يمكنك شراء رقاقات معدنية رفيعة من متاجر بيع مستلزمات الهوايات. وبالنسبة إلى الإطار العازل، يمكنك مثلًا استخدام الحافة العلوية المستديرة لكوب من الفلين.

يحتوي الكشاف الكهربائي الموضح في الشكل 1.8، وهو مصمم للعروض التوضيحية في الدروس، على موصِّلين يكونان متلامسين ومتدليَين بشكل حر في وضع التعادل. وأحد هذين الموصِّلين متصل بمفصلة عند منتصفه بحيث يبتعد عن الموصِّل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي. يتصل هذان الموصلان بكرة موصِّلة أعلى الكشاف الكهربائي، وهي تسمح بدخول الشحنة أو خروجها بسهولة.

يوضح الشكل 1.9a كشافًا كهربائيًا غير مشحون. واستُخدم مصدر الطاقة لشحن قضيب عازل بشحنة سالبة. عند تقريب القضيب من الكرة الموجودة أعلى الكشاف الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 1.9b، تتنافر الإلكترونات الموجودة في الكرة الموصلة للكشاف الكهربائي، فتنتج شحنة سالبة صافية في موصِّلي الكشاف الكهربائي. تؤدي هذه الشحنة السالبة إلى دوران الموصِّل المتحرك لأن شحنة الموصل الثابت سالبة أيضًا، مما يتسبب في تنافره. ولأن القضيب لم يلمس الكرة، فإن شحنة الموصل المتحرك تكون شحنة **مستحثة**. وعند إبعاد القضيب كما هو موضح في الشكل 1.9c، تقل هذه الشحنة المستحثة إلى الصفر، ويعود الموصِّل المتحرك إلى وضعه الأصلي لأن إجمالي الشحنة الموجودة في الكشاف الكهربائي لا يتغير عند حدوث ذلك.

إذا تم تكرار هذه التجربة باستخدام قضيب يحمل شحنة موجبة، فستنجذب الإلكترونات الموجودة في الموصِّلين إلى القضيب وتتدفق إلى الكرة الموصلة. وستنتج عن ذلك شحنة موجبة صافية في الموصِّلين تؤدي إلى دوران الموصِّل المتحرك مرة أخرى. لاحظ أن الشحنة الكلية في الكشاف الكهربائي تكون صفرًا في كلتا الحالتين، وأن حركة الموصل تشير فقط إلى أن القضيب مشحون. وعند إبعاد القضيب موجب الشحنة، يعود الموصِّل المتحرك إلى وضعه الأصلي مرة أخرى. من المهم ملاحظة أنه لا يمكننا تحديد نوع هذه الشحنة.

على الجانب الآخر، إذا لامس قضيب عازل سالب الشحنة كرةَ الكشاف الكهربائي، كما يوضح الشكل 1.10b، فستتدفق الإلكترونات من القضيب إلى الموصل وتنتج شحنة سالبة صافية. وعند إبعاد القضيب، تبقى الشحنة موجودة ويبقى الموصِّل المتحرك منفرجًا، كما هو موضح في الشكل 1.10c.

مراجعة المفاهيم 1.2

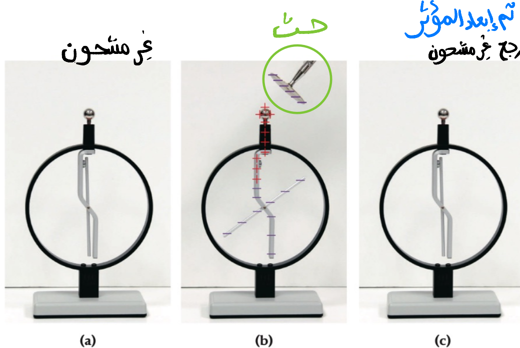
يتحرك الموصِّل المتصل بمفصلة بعيدًا عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي لأن:

a) الشحنات المتماثلة تتنافر.

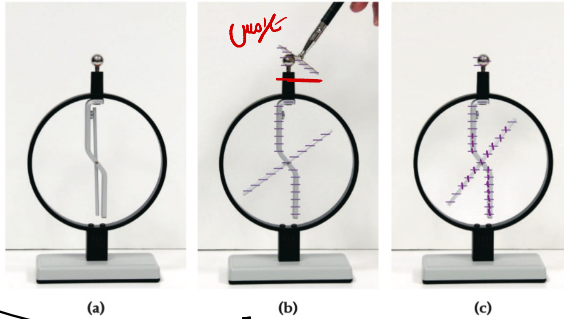
b) الشحنات المتماثلة تتجاذب.

c) الشحنات المختلفة تتجاذب.

d) الشحنات المختلفة تتنافر.



الشكل 1.9 الشحن بالحث: (a) كشاف كهربائي غير مشحون. (b) تقريب قضيب ذي شحنة سالبة إلى الكشاف الكهربائي. (c) إبعاد القضيب سالب الشحنة.

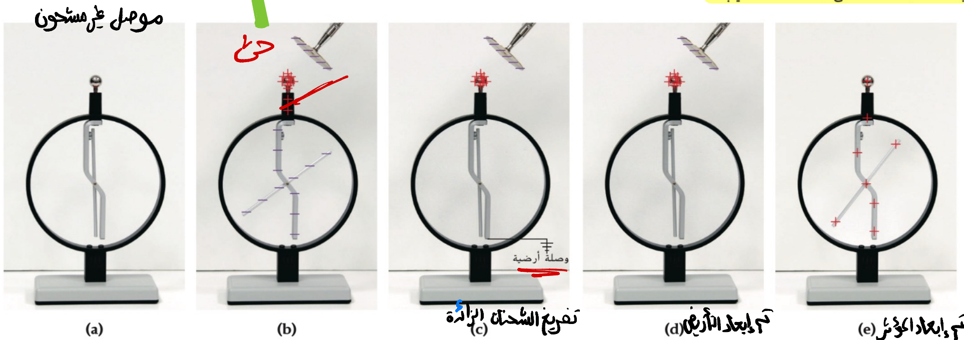


الشكل 1.10 الشحن بالتوصيل: (a) كشاف كهربائي غير مشحون. (b) ملامسة قضيب ذي شحنة سالبة مع الكشاف الكهربائي. (c) إبعاد القضيب سالب الشحنة.

وبالمثل، إذا لامس قضيب عازل موجب الشحنة كرة الكشاف الكهربائي غير المشحون، فسينقل الكشاف الكهربائي الإلكترونات إلى القضيب موجب الشحنة ويصبح موجب الشحنة. مرة أخرى، يكون للقضيب موجب الشحنة والقضيب سالب الشحنة التأثير نفسه في الكشاف الكهربائي، ولا يمكننا أن نحدّد ما إذا كانت شحنة أي من القضيبَين موجبة أم سالبة. تُسمى هذه العملية **الشحن بالتوصيل**.

يمكن توضيح نوعَي الشحنة بملامسة قضيب سالب الشحنة أولًا مع الكشاف الكهربائي، وحينها سيتحرك الموصل المتحرك، كما يوضح الشكل 1.10. وإذا تمت ملامسة قضيب موجب الشحنة مع الكشاف الكهربائي بعد ذلك، فسيعود الموصل المتحرك إلى وضع التعادل. أي أن الشحنة ستصبح متعادلة (إذا افترضنا أن القضيبَين في الأساس كانا متماثلين في القيمة المطلقة للشحنة). نستنتج من ذلك أنه يوجد نوعان من الشحنة. لكن لأن الشحنات دليل على وجود إلكترونات متحركة، فإن الشحنة السالبة تشير إلى زيادة الإلكترونات، وتشير الشحنة الموجبة إلى نقص الإلكترونات.

يمكن شحن الكشاف الكهربائي دون ملامسته مع القضيب المشحون، كما هو موضح في الشكل 1.11. فالكشاف الكهربائي غير مشحون في الشكل 1.11a. ثم قُرِّب قضيب سالب الشحنة إلى كرة الكشاف الكهربائي لكن من دون ملامستها، كما في الشكل 1.11b. وفي الشكل 1.11c، تم توصيل الكشاف الكهربائي بوصلة أرضية. ثم أُزيلت الوصلة الأرضية مع بقاء القضيب المشحون قريبًا من كرة الكشاف الكهربائي من دون ملامستها، كما في الشكل 1.11d. وفي الخطوة التالية، تم إبعاد القضيب عن الكشاف الكهربائي كما في الشكل 1.11e. وظل الكشاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة (لكن انحراف الموصل المتحرك أقل منه في الشكل 1.11b). ستنطبق هذه العملية أيضًا عند استخدام قضيب موجب الشحنة. تُسمى هذه العملية **الشحن بالحث**، وهي تؤدي إلى شحن الكشاف الكهربائي بشحنة مختلفة عن شحنة القضيب.



الشكل 1.11 الشحن بالحث: (a) كشاف كهربائي غير مشحون. (b) تقريب قضيب ذي شحنة سالبة إلى الكشاف الكهربائي. (c) وصلة أرضية متصلة بالكشاف الكهربائي. (d) إزالة الوصلة الأرضية. (e) إبعاد القضيب سالب الشحنة تاركًا الكشاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة.

4-5 23	كتاب الطالب تمارين(37-a)	يحل المسائل المتعلقة بكيفية تحديد كمية الشحنة	6

قانون حفظ الشحنة

الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لا تتغير.

١- الشحنة لا تفنى ولا تستحدث من العدم و لكن تنتقل من جسم لآخر

٢- الشحنة الكلية لنظام معزول محفوظة

٣- عدد الإلكترونات المفقودة = عدد الإلكترونات المكتسبة

القسم 1.3

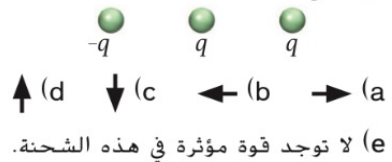
•1.37 تم تطعيم عينة من السيليكون بالفوسفور بنسبة 1 لكل 1.00×10^6. يعمل الفوسفور كمانح للإلكترونات، حيث يمنح إلكترونًا حرًا لكل ذرة. وتبلغ كثافة السيليكون 2.33 g/cm^3، وتبلغ كتلته الذرية 28.09 g/mol.

a) احسب عدد الإلكترونات الحرة (الموصلة) لكل وحدة حجم في السيليكون المُطعَّم.

7	يرسم مخطط الجسم الحر لجسيم مشحون، موضحًا القوة الكهروستاتيكية (قوة كولومب) المؤثرة عليه، مع تثبيت ذيل متجه القوة على هذا الجسيم	مراجعة المفاهيم	12،19

مراجعة المفاهيم 1.6

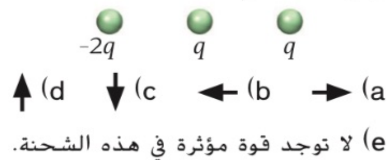
يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *الوسطى*؟



e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.7

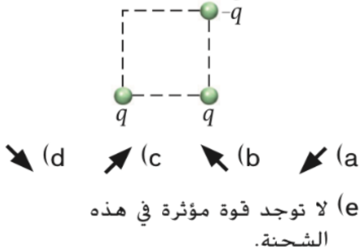
يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *اليمنى*؟ (لاحظ أن مقدار الشحنة اليسرى يساوي ضعف مقدارها في مراجعة المفاهيم 1.6.)



e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.9

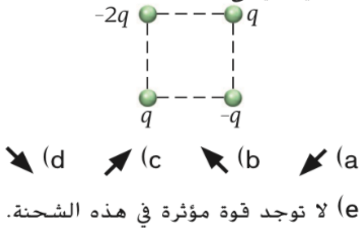
يوضح الشكل ثلاث شحنات موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *السفلية اليمنى*؟



e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.10

يوضح الشكل أربع شحنات موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *السفلية اليمنى*؟



e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

21	- يطبق مبدأ التراكب لإيجاد القوة الكهروستاتيكية المحصلة المؤثرة على جسيم مشحون. - يحل المسائل المتعلقة بالقوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الجسيمات المشحونة باستخدام قانون كولوم.	مثال 1.2 مثال 1.3 مسألة محلولة 1.1 تمارين (48،82)	12 13 14 23،25

مثال 1.2 القوة الكهروستاتيكية داخل الذرة

المسألة 1

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المبذولة بين البروتونين داخل نواة ذرة الهيليوم؟

الحل 1

يرتبط البروتونان بالنيوترونين داخل نواة ذرة الهيليوم بفعل القوة الشديدة؛ بينما يتباعد البروتونان أحدهما عن الآخر بسبب القوة الكهروستاتيكية المبذولة بينهما. وشحنة كل بروتون هي $q_p = +e$. كما تفصل بين البروتونين مسافة مقدارها $r = 2 \times 10^{-15}$ m تقريبًا. لذا يمكننا إيجاد القوة باستخدام قانون كولوم كما يلي:

$$F = k\frac{|q_p q_p|}{r^2} = \left(8.99 \times 10^9 \ \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}\right)\frac{(+1.6 \times 10^{-19}\ \text{C})(+1.6 \times 10^{-19}\ \text{C})}{(2 \times 10^{-15}\ \text{m})^2} = 58\ \text{N}$$

إذًا، مقدار القوة التي تباعد بين البروتونين في نواة ذرة الهيليوم هو 58 N (ما يعادل وزن قط كامل النمو تقريبًا). وإذا تأملنا في حجم النواة، فسنجد أن هذه القوة هائلة جدًا. فلماذا لا تنفجر نواة الذرة إذًا؟ الإجابة هي أنه توجد قوة أكبر تحافظ على تماسك الذرة استحقت أن نسميها بالقوة الشديدة.

المسألة 2

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية بين نواة الذهب وإلكترون نواة الذهب الموجود في مدار نصف قطره 4.88×10^{-12} m؟

الحل 2

الإلكترون سالب الشحنة ونواة الذهب موجبة الشحنة يجذب كل منهما الآخر بقوة مقدارها

$$F = k\frac{|q_e q_N|}{r^2}$$

حيث إن شحنة الإلكترون هي $q_e = -e$ وشحنة نواة الذهب هي $q_N = +79e$. لذا فإن القوة المبذولة بين الإلكترون والنواة هي

$$F = k\frac{|q_e q_N|}{r^2} = \left(8.99 \times 10^9 \ \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}\right)\frac{(1.60 \times 10^{-19}\ \text{C})[(79)(1.60 \times 10^{-19}\ \text{C})]}{(4.88 \times 10^{-12}\ \text{m})^2} = 7.63 \times 10^{-4}\ \text{N}$$

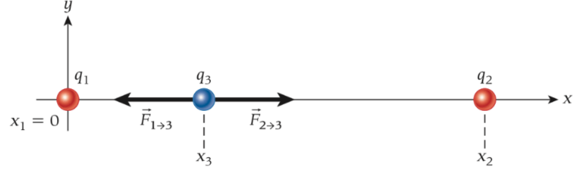
إذًا، مقدار القوة الكهروستاتيكية التي تبذلها النواة على الإلكترون في ذرة الذهب أقل بنحو 100000 ضعف من مقدار القوة المبذولة بين البروتونات داخل النواة.

ملاحظة: إنّ كتلة نواة الذهب تزيد بحوالي 400000 ضعف عن كتلة الإلكترون. لكن مقدار القوة التي تبذلها نواة الذهب على الإلكترون يتساوى تمامًا مع مقدار القوة التي يبذلها الإلكترون على نواة الذهب. ولعلك تقول إن هذا ما ينص عليه القانون الثالث لنيوتن. وهذا صحيح. لكن الجدير بالذكر أن هذا القانون الأساسي ينطبق على القوى الكهروستاتيكية أيضًا.

مثال 1.3 موضع الاتزان

المسألة

يوضح الشكل 1.16 موضع جسيمَين مشحونين: يقع الجسيم $q_1 = 0.15\ \mu C$ عند نقطة الأصل، ويقع الجسيم $q_2 = 0.35\ \mu C$ على محور x الموجب عند النقطة $x_2 = 0.40\ m$. أين يجب أن يكون موضع الجسيم الثالث المشحون، q_3، ليكون عند نقطة اتزان (بحيث يكون مجموع القوى المؤثرة فيه صفرًا)؟



الشكل 1.16 مواضع ثلاثة جسيمات مشحونة. يوضح الشكل أن شحنة الجسيم الثالث سالبة.

الحل

لنحدّد أولًا المواضع التي *لن* نضع عندها هذه الشحنة. إذا وُضعت الشحنة الثالثة في أي موضع بعيدًا عن المحور x، فستكون هناك دائمًا مركبة قوى في اتجاه المحور x أو بعيدًا عنه. لذا يمكننا تحديد نقطة اتزان (يكون مجموع القوى عندها صفرًا) *على* المحور x فقط. يمكن تقسيم المحور x إلى ثلاثة أجزاء مختلفة: $x \leq x_1 = 0$ و $x_1 < x < x_2$ و $x_2 \leq x$. وبالنسبة إلى الجزء $x \leq x_1 = 0$، فإن اتجاه متجهات القوة من q_1 وq_2 المؤثرة في q_3 سيكون في الاتجاه الموجب إذا كانت الشحنة سالبة، بينما سيكون في الاتجاه السالب إذا كانت الشحنة موجبة. ولأننا نبحث عن موضع تلغي عنده القوتان كل منهما الأخرى، فمن الممكن استبعاد الجزء $x \leq x_1 = 0$. وسنستبعد الجزء $x_2 \geq x$ للسبب نفسه.

في الجزء المتبقي من المحور x، وهو $x_1 < x < x_2$، سيؤثر q_1 و q_2 في q_3 بقوتَين متعاكستَين في الاتجاه. أي أننا نبحث عن الموضع، x_3، حيث ستتساوى عنده القوتان في المقدار ليصبح محصلة القوى صفرًا. ونعبّر عن تساوي القوتَين بالمعادلة

$$\left|\vec{F}_{1\to3}\right| = \left|\vec{F}_{2\to3}\right|$$

والتي يمكننا إعادة كتابتها بالصورة

$$k\frac{|q_1q_3|}{(x_3-x_1)^2} = k\frac{|q_3q_2|}{(x_2-x_3)^2}$$

نلاحظ الآن أن مقدار الشحنة الثالثة وإشارتها ليس لهما أي تأثير لأن هذه الشحنة تُلغى، كما هو الحال مع الثابت k. وينتج لنا

$$\frac{q_1}{(x_3-x_1)^2} = \frac{q_2}{(x_2-x_3)^2}$$

أو

$$q_1(x_2-x_3)^2 = q_2(x_3-x_1)^2 \quad \text{(i)}$$

بأخذ الجذر التربيعي لكلا طرفَي المعادلة والحل لإيجاد قيمة x_3، نجد أن

$$\sqrt{q_1}(x_2-x_3) = \sqrt{q_2}(x_3-x_1)$$

أو

$$x_3 = \frac{\sqrt{q_1}x_2 + \sqrt{q_2}x_1}{\sqrt{q_1}+\sqrt{q_2}}$$

يمكننا أخذ الجذر التربيعي لطرفَي المعادلة (i) لأن $x_1 < x_3 < x_2$، لذا من المؤكد أن كلاً من الجذرَين، $x_3 - x_1$ و $x_2 - x_3$، سيكون موجبًا.

وبالتعويض بالأرقام المعطاة في المسألة، تكون النتيجة

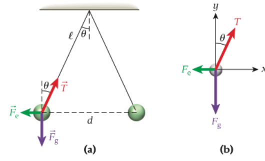
$$x_3 = \frac{\sqrt{q_1}x_2 + \sqrt{q_2}x_1}{\sqrt{q_1}+\sqrt{q_2}} = \frac{\sqrt{0.15\ \mu C}(0.4\ m)}{\sqrt{0.15\ \mu C}+\sqrt{0.35\ \mu C}} = 0.16\ m.$$

هذه نتيجة منطقية لأننا نتوقع أن نقطة الاتزان ستكون بالقرب من الشحنة الأصغر.

مسألة محلولة 1.1 كرات مشحونة

المسألة

كرتان متماثلتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين في الطول، $\ell = 1.50\ \text{m}$ (الشكل 1.17). وشُحنت كل كرة بشحنة مقدارها $q = 25.0\ \mu\text{C}$. ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون، وصَنع كل حبل زاوية مقدارها $25.0°$ مع المستوى الرأسي (الشكل 1.17a). ما كتلة كل من الكرتين؟



الشكل 1.17 (a) كرتان مشحونتان تتدليان من السقف في موضع اتزان. (b) مخطط الجسم الحر للكرة اليُسرى المشحونة.

الحل

فكِّر توجد ثلاث قوى تؤثر في كل كرة مشحونة: قوة الجاذبية وقوة التنافر الكهروستاتيكية وقوة الشد الموجودة في الحبل. لذا يمكننا إيجاد مركبات القوى الثلاث ومساواتها بالصفر، مما يسهّل علينا إيجاد كتلة الكرتين المشحونتين.

ارسُم يوضح الشكل 1.17b مخطط جسم حر للكرة اليسرى.

ابحث ينص شرط الاتزان السكوني على أن مجموع مركبات x للقوى الثلاث المؤثرة في الكرة يجب أن يكون صفرًا، وأن مجموع مركبات y لهذه القوى يجب أن يكون صفرًا. إذًا مجموع مركبات x للقوى هو

$$T\sin\theta - F_e = 0 \qquad \text{(i)}$$

حيث T مقدار شد الحبل، وθ الزاوية التي يصنعها الحبل مع المستوى الرأسي، وF_e مقدار القوة الكهروستاتيكية. ومجموع مركبات y للقوى هو

$$T\cos\theta - F_g = 0 \qquad \text{(ii)}$$

قوة الجاذبية، F_g، ما هي إلا وزن الكرة المشحونة:

$$F_g = mg \qquad \text{(iii)}$$

حيث m هي كتلة الكرة المشحونة. ونحصل على القوة الكهروستاتيكية التي تبذلها الكرتان إحداهما على الأخرى بالمعادلة

$$F_e = k\frac{q^2}{d^2} \qquad \text{(iv)}$$

حيث d هي المسافة بين الكرتين. ويمكننا التعبير عن المسافة بين الكرتين بدلالة طول الحبل، ℓ. بالنظر إلى الشكل 1.17a، سنجد أن

$$\sin\theta = \frac{d/2}{\ell}$$

يمكننا بعد ذلك التعبير عن القوة الكهروستاتيكية بدلالة الزاوية التي يصنعها الحبل المستوى الرأسي، θ، وطول الحبل، ℓ:

$$F_e = k\frac{q^2}{(2\ell\sin\theta)^2} = k\frac{q^2}{4\ell^2\sin^2\theta} \qquad \text{(v)}$$

حوّل إلى أبسط صورة نقسم المعادلة (i) على المعادلة (ii):

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{F_e}{F_g}$$

وبعد إلغاء قيمة شد الحبل (المجهولة)، ستصبح المعادلة كما يلي

$$\tan\theta = \frac{F_e}{F_g}$$

بالتعويض بالمعادلتين (iii) و(v) عن قوة الجاذبية والقوة الكهروستاتيكية، نحصل على

$$\tan\theta = \frac{k\dfrac{q^2}{4\ell^2\sin^2\theta}}{mg} = \frac{kq^2}{4mg\ell^2\sin^2\theta}$$

وبالحل لإيجاد كتلة الكرة، نحصل على

$$m = \frac{kq^2}{4g\ell^2\sin^2\theta\tan\theta}$$

احسب بالتعويض باستخدام القيم العددية، نحصل

$$m = \frac{(8.99\times10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(25.0\ \mu\text{C})^2}{4(9.81\ \text{m/s}^2)(1.50\ \text{m})^2(\sin^2 25.0°)(\tan 25.0°)} = 0.764116\ \text{kg}$$

قرّب سنقرب النتيجة التي توصلنا إليها إلى ثلاثة أرقام معنوية:

$$m = 0.764\ \text{kg}$$

تحقق ثانية للتحقق ثانية، سنستخدم تقريبات الزوايا الصغيرة $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ و$\cos\theta \approx 1$. عندئذٍ تقترب قوة الشد في الحبل من mg، ويمكننا التعبير عن مركبات x للقوى بالصورة التالية

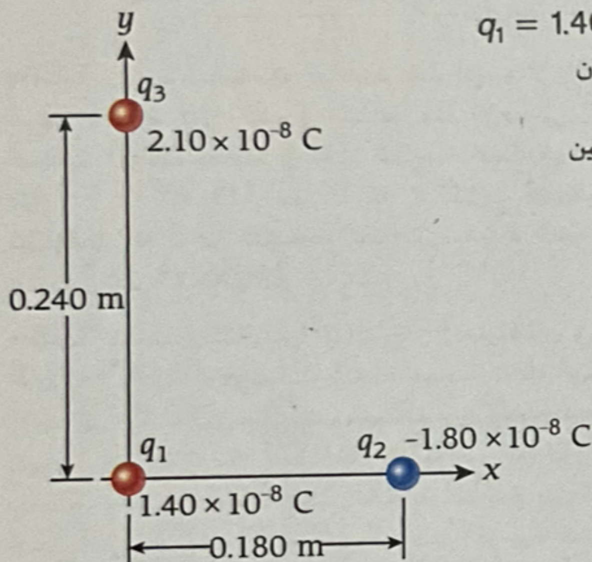
$$T\sin\theta \approx mg\theta = F_e = k\frac{q^2}{d^2} \approx k\frac{q^2}{(2\ell\theta)^2}$$

وبالحل لإيجاد كتلة الكرة المشحونة، نحصل على

$$m = \frac{kq^2}{4g\ell^2\theta^3} = \frac{(8.99\times10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(25.0\ \mu\text{C})^2}{4(9.81\ \text{m/s}^2)(1.50\ \text{m})^2(0.436\ \text{rad})^3} = 0.768\ \text{kg}$$

وهو ناتج قريب من إجابتنا.

1.48 وُضعت الشحنة $q_1 = 1.40 \times 10^{-8}$ C عند نقطة الأصل. ووُضعت الشحنتان $q_2 = -1.80 \times 10^{-8}$ C و$q_3 = 2.10 \times 10^{-8}$ C عند النقطتين (0.180 m,0.000 m) و(0.000 m,0.240 m) على التوالي كما هو موضح في الشكل. أوجد محصلة القوى الكهروستاتيكية (المقدار والاتجاه) المؤثرة في الشحنة q_3.



1.82• في الشكل الموضح، تساوي محصلة القوى الكهروستاتيكية المؤثرة في Q_A صفرًا. إذا كانت $Q_A = +1.00\ \text{nC}$، فأوجد مقدار Q_0.

